

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-151143

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/153		4231-5E		
3/04				
27/24				
		8834-5E	H 0 1 F 1/ 14	C
			27/ 24	J
			審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)	

(21)出願番号 特願平4-296243

(22)出願日 平成4年(1992)11月6日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 中川 勝利

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 沢 孝雄

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

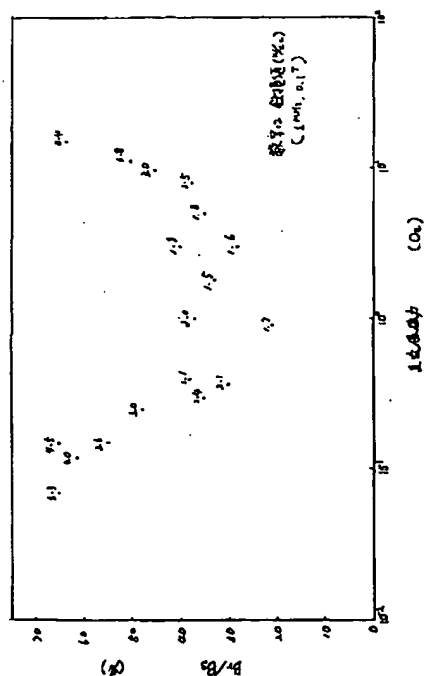
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 低損失磁心

(57)【要約】

【目的】磁心の高周波領域での低損失化ならびに高保磁力化を図り、これによって電源の高周波化に対応すると共に使用励磁範囲内での恒透磁率性を有する磁心を提供し、各種電子機器に対する高効率化、小形軽量化、また磁心に対する小形化、高性能化に対応する。

【構成】本願発明の低損失磁心は、直流角形比(B_r/B_s)が50%以下、直流保磁力が0.2~100e、1MHzの角形比(B_r/B_1)が5~30%の範囲にあるFe基アモルファス合金薄帯からなることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流量形比 (B_r/B_s) が50%以下、直流保磁力が0.2~100e、1MHzの角形比 (B_r/B_1) が5~30%の範囲にあるFe基アモルファス合金薄帯からなることを特徴とする低損失磁心。

【請求項2】 請求項1に記載の低損失磁心において、前記Fe基アモルファス合金薄帯のアモルファス相中に α -Feを主成分とする結晶が面積比で5~50%含まれることを特徴とする低損失磁心。

【請求項3】 請求項2に記載の低損失磁心において、前記 α -Feを主成分とする結晶の平均粒径は5~100nmの範囲であることを特徴とする低損失磁心。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、スイッチング電源等に用いられる磁心に係り、特にMHzレベルの高周波領域において有効な低損失磁心に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電子機器に対する小形軽量化、高性能化の要求に伴って、これらを構成する機能部品である磁性部品においても優れた磁気特性を持つ材料を用いて高性能化を図ることが求められている。

【0003】例えば、電子機器の安定化電源として、近年、スイッチング電源が幅広く用いられているが、電源に対する小形軽量化の要求が強まるにつれて、スイッチング周波数の高周波化が求められている。しかし、例えば磁気増幅器を組み込んだスイッチング電源の場合、金属材料の中で高周波特性の良好なアモルファス合金を用いたとしても、実用的には200~500kHzが限度であり、一層の高周波化対応が望まれていた。

【0004】これと同様に、恒透磁率性が要求されるトランス、チョークコイルなどについても、高周波化が要求されている。従来よりトランスに用いられる材料はフェライトがその主流を占めている。しかしながら、フェライトを用いたトランスでは前述したような高周波化に対する要求を十分に満足させることができないという問題点があった。

【0005】また、一般に金属材料では板厚を薄くすることにより鉄損を抑え、高周波特性を改善できることが知られており、アモルファス合金においても厚さを低減して更に磁気特性を改善させることが検討されている。しかしながら、アモルファス合金薄帯は、一般に大気中で単ロール法など液体急冷法により作製されているが、この方法では板厚の低減が不十分であり、更に気泡の巻き込みなどによるピンホールが発生し、高周波化を含めた実用性の面においても問題があった。

【0006】さらに、本願発明の磁心には、低損失と同時に高保磁力が求められている。通常低損失化を図るためには、保磁力を少なくとも0.20e未満まで下げるという低保磁力化をその手段としてとるため、従来は、

金属薄帯を得たのち、磁心を製造する段階でトロイダル状に巻回した後、樹脂含浸、キュアを経て、切断し、磁氣的ギャップを設ける等の処理を施すことにより後天的に保磁力を高めていた。しかしながら、このプロセスにおいては各種応力、切断面の仕上がり状態などにより損失が増大するため材料の磁気特性を十分に生かしきれないという問題があった。さらに、ギャップを設けたことにより使用時に磁束の漏れが生じ、ノイズの原因となるという問題もあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、各種電子機器に対する高効率化、小形軽量化、また磁心に対する小形化、高性能化の要求に伴い、スイッチング電源等に用いられる磁心の高周波領域での低損失化が強く望まれている。

【0008】本発明はこのような課題に対処するためになされたもので、磁心の高周波領域での低損失化ならびに高保磁力化を図り、これによって電源の高周波化に対応すると共に使用励磁範囲内での恒透磁率性を有する磁心を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段および作用】本発明の低損失磁心は、直流量形比 (B_r/B_s ; B_r は残留磁束密度、 B_s は飽和磁束密度) が50%以下、保磁力が0.2~100e、1MHzでの角形比 (B_r/B_1 ; B_1 は10e磁場を印加したときの磁束密度) が5~30%であるFe基アモルファス合金薄帯からなることを特徴とする。

【0010】本願発明者らは、MHzレベルの高周波領域において、保磁力を下げずに低損失を得るために鋭意検討した結果、直流量形比 (B_r/B_s) が50%以下、1MHzでの角形比 (B_r/B_1) が5~30%の範囲においては、保磁力が0.2~10(Oe)の範囲において、MHzレベルの高周波領域における低損失化が容易に得られることを見出し、本発明の完成に至った。

【0011】本願発明の低損失磁心は、その直流量形比 (B_r/B_s) を50%以下とすることが好ましい。直流量形比が50%以上であると、磁壁の移動によって渦電流損の低減が図れず、損失が大きくなる。よって、好ましくは45%以下、さらには30%以下が好ましい。

【0012】また、本願発明の低損失磁心は、1MHzでの角形比 (B_r/B_1) が5~30%の範囲とすることが好ましい。1MHzでの B_r/B_1 が5%未満であると、ヒステリシス損ならびに励磁電力が大きくなる。一方、30%以上では、磁壁の移動が起こり十分な渦電流損の低減が図れず、損失が大きくなる。よって、好ましくは5~25%であり、さらには5~20%の範囲が好ましい。

【0013】更に、本願発明の低損失磁心は、その保磁

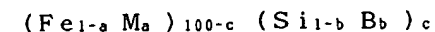
力が0.2~100eの範囲が好ましい。前述したように従来の磁心材料としては保磁力は小さいほうが好ましかったが、本願発明では、特に従来の慣用的な定義では磁心材料の範疇ではなかった保磁力10e以上でも、前記角形比の範囲にすることによって十分低損失が得られている。なお、直流保磁力が100e以上になると、ヒステリシス損が極めて大きくなるため、全損失が大きくなる。よって、好ましくは0.3~80e、さらには0.5~80eの範囲が好ましい。

【0014】また、本願発明のFe基アモルファス合金薄帯には、 α -Feを主成分とする結晶を面積比で5~50%析出させることが好ましい。 α -Fe結晶の析出はFe基アモルファス合金の磁歪を低減する効果をもたらす。さらに磁歪と磁路長で決まる共鳴も α -Fe結晶の存在によって小さくなるため使用周波数の制限がなくなり、MHzレベルの高周波領域においても良好な磁気特性が得られる。さらに、 α -Fe結晶が磁壁の移動を妨げるため、ヒステリシス損は大きくなっても、特に高周波鉄損での寄与が大きい渦電流損を大幅に低減させることができる。よって、好ましくは、8~40%、さらには10~30%の範囲が好ましい。

【0015】更に、前記 α -Feを主成分とする結晶の平均結晶粒径は5~100nmの範囲が好ましい。結晶粒径が5nm以下では磁壁のピンニングが起これにくく、渦電流損の低減が図り難い。一方、100nm以上では過剰のピンニング効果により、ヒステリシス損が大きくなりすぎる。よって、磁壁移動を妨げ最適なヒステリシス損を得るためには、平均結晶粒径8~80nmが好ましく、さらには10~50nmの範囲とすることが

【0016】ここで、この α -Fe結晶の析出量ならびに平均結晶粒径は、熱処理条件すなわち、熱処理温度ならびに熱処理時間によって制御することができる。 α -Fe結晶の析出は、少なくとも結晶化温度(10℃/分の昇温速度で熱分析した値)以下での歪取り熱処理で実現できるが、10分以下の短時間の場合、結晶化温度以上でも可能である。

【0017】なお、結晶の析出状態ならびに平均結晶粒径は透過電子顕微鏡で観察した。結晶相の割合は、単位面積あたりの α -Fe結晶の析出量で、また平均結晶粒径は α -Fe結晶の最長径を求めたものである。本発明のFe基アモルファス合金は、一般式



M: V, Cr, Mn, Ti, Cu, Nb, Mo, Ta, Wから選ばれる少なくとも1種以上

$$0 \leq a \leq 0.1$$

$$0.2 \leq b \leq 1$$

$$12 \leq c \leq 28 \quad (\text{at. \%})$$

で表される。ここで、M元素は溶湯射出時の粘性を低減

するため板厚の極薄化に有効な元素であるが、その量が0.1より大きいと十分な飽和磁化が得られない。よって、好ましくは0.01~0.08、さらには0.02~0.06の範囲が好ましい。なお、M元素としては特に低損失を得る場合、すなわち α -Feを容易に析出させる場合にはV, Cr, Mn, Ti, Cuが好ましい。また最適熱処理温度の拡大にはNb, Mo, Ta, Wが好ましい。

【0018】SiおよびBはアモルファス化に必要な元素であるが、bが0.2未満のときにはアモルファス化が困難となる。また、Siの含有量は結晶化温度に寄与するため、熱処理の容易性を考慮するとbは0.3~0.9が好ましく、さらには0.4~0.8の範囲が好ましい。さらに、このSi量により α -Fe結晶に固溶する量が決まり、0.5以上では規則相が見られる場合がある。

【0019】SiとBのトータル量は12at%未満ではアモルファス化が困難であり、一方28at%より大きいと良好な磁気特性が得難い。なお、Fe-Si-B三元系として考えると、cの値として12~26at.%が好ましく、さらに α -Fe結晶の析出には、共晶組成よりもFeリッチ側、すなわち12~22at%の範囲が好ましい。

【0020】上記アモルファス合金は大気中で通常の単ロール法で得られるが、特にピンホールが少なく、表面の平滑性を高める場合には、減圧下、あるいはHe雰囲気中で作製することが好ましい。また、板厚は3~12 μ mの範囲が高周波対応には有効であり、特に上記ピンホールレス、表面平滑性、磁心作製時の占積率を考慮すると4~12 μ mの範囲が好ましい。本願発明の低損失磁心は、例えば以下の方法により得られる。

【0021】すなわち、合金溶湯をノズルより高速移動する冷却体の上に噴出し、超急冷することによって、アモルファス合金薄帯を製造する際に、ノズルから噴出される合金溶湯が高速移動する冷却体に接触する雰囲気、60torr未満の不活性雰囲気または0.1torr以下の減圧下とする。

【0022】具体的には、母合金を入れた石英ノズルまわりを0.1torr以下に真空排気する、またはその後不活性ガスを60torr以下まで置換し、Fe基ロール、Ni基ロールまたはCu基ロールを用いることにより、ピンホールの少ない良好な表面平滑性をもつ極薄アモルファス合金を作製することができる。なお、ここで不活性ガスは、He, Arが好ましい。

【0023】また、ノズル先端のスリット形状における長辺は、得られる薄帯の幅を決めるものであり、2mm以上の適当な値を設定できる。また、短辺は薄帯の板厚を決める重要な値であり、0.2mm以下が好ましく、さらに0.15mm以下が好ましい。ロール周速は20m/sec以上であればよく、25m/s以上が好ましい。なお、上限は70m/s

であり、これ以上では得られる薄帯が切れることがしばしばある。射出圧は、極薄帯を作製するには、 $0.05\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下であればよく、好ましくは $0.03\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、さらに好ましくは $0.02\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

【0024】本発明の低損失磁心は、上述した製造方法によって得られるアモルファス合金を巻回したり、あるいは1層または複数層積層することによって、所望の形状に成形した後、結晶化温度以下で歪取り熱処理を行うことをよって得られる。これらの熱処理における雰囲気は特に問わず、窒素、Arなどの不活性雰囲気中、大気中などのいずれでも良い。

【0025】

【実施例】以下、本発明を実施例によって詳細に説明する。

【0026】実施例1

$(\text{Fe}_{1-x}\text{V}_x)_{83}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{17}$ [ここで、 x は $0.02, 0.04, 0.06$] なる組成のアモルファス合金を真空中で単ロール法により作製し、板厚 $7.0\mu\text{m}$ のアモルファス合金薄帯を得た。得られた薄帯を外径 15mm 、内径 10mm 、高さ 5mm に成形した後に、結晶化温度以下で、時間と温度を変化させて、 1MHz 、 0.1T における高周波鉄損、直流角形比 (Br/Bs)、直流保磁力等の磁気特性を評価した。高周波鉄損、および Br/B_1 は磁気測定システム (岩崎通信機SY8617) で、直流磁気特性はDCBHフラックスメータを用いて測定した。結果を図1に示すが、本発明の範囲の磁気特*

* 性の場合に高周波での低損失が得られていることがわかる。

【0027】実施例2～4：比較例1～3

$(\text{Fe}_{0.96}\text{Mn}_{0.04})_{82}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{18}$ なる組成のアモルファス合金を真空中で単ロール法により作製し、板厚 $7.0\mu\text{m}$ のアモルファス合金薄帯を得た。得られた薄帯を外径 12mm 、内径 8mm 、高さ 5mm に成形した後に、表1に示す各熱処理温度で、時間を30分一定として熱処理し、表1に示す粒径の $\alpha\text{-Fe}$ 結晶を同じく表1に示す割合で析出させ、各種磁気特性の $\alpha\text{-Fe}$ 結晶への依存性ならびに熱処理温度への依存性を調べた。高周波鉄損、直流角形比 (Br/Bs)、直流保磁力は実施例1と同じ条件で測定し、透磁率の周波数特性は、LCRメータを用いて、励磁界 2mOe の条件で測定した。

【0028】各種磁気特性の評価結果を表1と図2に示す。表1から本発明の $\alpha\text{-Fe}$ を主成分とする結晶が面積比で5～50%含まれ、また $\alpha\text{-Fe}$ 結晶の平均粒径が5～100nmの範囲である磁心は高周波領域において所望の磁気特性を満たしていることがわかる。また、図2から前記本願発明の面積率と粒径を満たす $\alpha\text{-Fe}$ 結晶を有する本願発明の磁心では磁歪に基づく共鳴が小さくなっていることがわかる。

【0029】

【表1】

		結晶相の割合 (%)	平均結晶粒径 (nm)	Br/Bs (%)	Hc (Oe)	Br/B_1 (%)	鉄損 (mW/cc)	熱処理温度 (°C)
実施例	2	8	15	95	0.8	27	2.3	400
	3	15	20	90	1.3	19	1.8	420
	4	25	30	26	3.7	12	2.0	440
比較例	1	0	-	62	0.15	68	4.3	360
	2	3	8	48	0.2	45	3.5	380
	3	60	110	45	14.0	25	5.8	460

【0030】実施例5～20：比較例4～5

表2に示した合金組成を真空中で単ロール法により作製し、表2に示す板厚のアモルファス合金薄帯を得た。得られた薄帯を外径 15mm 、内径 10mm 、高さ 5mm に成形して、それぞれの結晶化温度以下で30分歪取り熱処理を行った。この後、実施例1と同様に磁気特性を評価した。結果を表2に示すが、本発明の磁心は高周波損失が※

※極めて小さい事がわかる。また、直流での初磁化曲線から異方性磁界 Hs を求めたところ、本発明の磁心では大きな値が得られている。この磁場までのBHリニアリティは良く、優れた恒透磁率性をもつことがわかる。

【0031】

【表2】

		7		8					
		合成組成	板厚 (μm)	B_r/B_s (%)	$H_c(O_e)$	B_r/B_1 (%)	$H_c(O_e)$	鉄損 (mW/cc)	最適熱処理 温度範囲 ($^{\circ}\text{C}$)
実施例	5	$\text{Fe}_{80}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{20}$	5.5	32	0.9	20	9.6	9.6	20
	6	$\text{Fe}_{83}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{17}$	5.7	28	1.8	16	18.4	2.0	20
	7	$\text{Fe}_{73}(\text{Si}_{0.6}\text{B}_{0.4})_{27}$	7.6	50	0.6	27	8.8	2.4	20
	8	$\text{Fe}_{75}(\text{Si}_{0.1}\text{B}_{0.9})_{25}$	6.8	45	0.7	25	9.0	2.2	20
	9	$\text{Fe}_{78}(\text{Si}_{0.7}\text{B}_{0.3})_{22}$	9.4	35	1.1	26	10.1	2.0	20
	10	$(\text{Fe}_{0.98}\text{Cr}_{0.02})_{79}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{21}$	11.2	30	1.5	22	12.0	2.3	30
	11	$(\text{Fe}_{0.96}\text{Cu}_{0.04})_{79}(\text{Si}_{0.6}\text{B}_{0.4})_{21}$	5.5	23	2.6	15	16.5	1.5	30
	12	$(\text{Fe}_{0.94}\text{Cu}_{0.06})_{80}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{20}$	4.8	35	0.8	18	9.5	1.5	30
	13	$(\text{Fe}_{0.92}\text{Cu}_{0.08})_{78}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{22}$	5.2	44	2.3	20	15.8	1.8	30
	14	$(\text{Fe}_{0.95}\text{Mn}_{0.05})_{81}(\text{Si}_{0.4}\text{B}_{0.6})_{19}$	6.0	18	1.3	12	11.9	1.8	30
	15	$(\text{Fe}_{0.97}\text{V}_{0.03})_{82}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{18}$	7.4	40	1.0	22	10.0	2.1	30
	16	$(\text{Fe}_{0.98}\text{Cu}_{0.02})_{79}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{21}$	6.5	28	1.9	21	13.0	2.0	30
	17	$(\text{Fe}_{0.95}\text{Nb}_{0.05})_{80}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{20}$	5.2	50	0.4	25	7.8	2.7	50
	18	$(\text{Fe}_{0.95}\text{Mo}_{0.05})_{79}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{21}$	8.0	47	0.5	25	8.4	3.0	50
	19	$(\text{Fe}_{0.96}\text{Ta}_{0.04})_{82}(\text{Si}_{0.3}\text{B}_{0.7})_{18}$	5.4	50	0.45	27	8.4	2.6	50
比較例	4	$\text{Fe}_{70}(\text{Si}_{0.1}\text{B}_{0.9})_{30}$	14.0	65	0.2	88	1.8	5.4	10
	5	$(\text{Fe}_{0.88}\text{Nb}_{0.12})_{74}(\text{Si}_{0.1}\text{B}_{0.9})_{26}$	5.3	70	0.4	80	1.7	3.6	30

【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、磁心の高周波領域での低損失化ならびに高保磁力化を図り、これによって電源の高周波化に対応すると共に使用励磁範囲内での恒透磁率性を有する磁心を提供することができ、各種電子機器に対する高効率化、小形軽量化、また磁心に対する小形化、高性能化の要求に十分対応できるため極めて有用である。

*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に示したFe基アモルファス合金に対して、種々の熱処理を行ったときの1MHz、0.1Tにおける直流角形比(B_r/B_s)、直流保磁力(H_c)と鉄損の関係を示す図である。

【図2】本発明の実施例2～4ならびに比較例1～3に示したFe基アモルファス合金における透磁率の周波数特性を各熱処理温度毎に示す図である。

Figure 1 is a scatter plot showing the relationship between the ratio of the number of bacteria to the number of spores (B^*/B_s) on the y-axis and the logarithm of the number of bacteria ($\log N_b$) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 70, and the x-axis ranges from 10^2 to 10^4 . Data points are labeled with values such as 6.3, 6.5, 6.0, 2.4, 3.0, 1.0, 2.9, 2.1, 1.1, 2.0, 1.5, 1.9, 1.6, 1.8, 2.0, 2.4, and 1.5. A legend indicates that the values represent the percentage of bacteria in the vegetative state (营养体百分数 (%)) at 0.1% concentration.

Figure 1 is a log-log plot showing the frequency dependence of the loss factor (μ) for polypropylene at various temperatures. The y-axis is labeled "损耗率 (μ)" and ranges from 10^2 to 10^4 . The x-axis is labeled "周波数 (KHz)" and ranges from 10^1 to 10^3 . The plot shows six data series corresponding to different temperatures: 360°C, 380°C, 400°C, 420°C, 440°C, and 460°C. The curves generally show a peak around 10^2 KHz, with the peak height decreasing as temperature increases.

PAT-NO: JP406151143A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06151143 A
TITLE: LOW LOSS MAGNETIC CORE
PUBN-DATE: May 31, 1994

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
NAKAGAWA, KATSUTOSHI
SAWA, TAKAO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
TOSHIBA CORP N/A

APPL-NO: JP04296243

APPL-DATE: November 6, 1992

INT-CL (IPC): H01F001/153, H01F003/04 , H01F027/24

US-CL-CURRENT: 148/304, 360/125

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide compactness and high performance requested to magnetic cores and also to give higher efficiency, compact size and lightweight to various electronic devices by providing low loss in the high frequency region of magnetic core and higher coercive force thereby corresponding to the trend of turning into high frequency range for power sources and providing magnetic cores having constant magnetic permeability.

CONSTITUTION: Low loss magnetic core of the present invention comprises group Fe amorphous alloy sheet band having a DC rectangular ratio (Br/Bs) of less than 50%, DC coercive force of 0.2 to 100e and 1MHz rectangular

ratio
(Br/B1) of 5 to 30%.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio